Besaran dan Pengukuran

A. BESARAN DAN SATUAN

- **Besaran** adalah sesuatu yang dapat diukur dan dapat dinyatakan dengan bilangan dan satuan.
- **Satuan** adalah sesuatu yang menyatakan ukuran suatu besaran yang diikuti bilangan.
- **Besaran** dalam fisika terbagi menjadi dua:

a. **Besaran pokok**, yaitu besaran yang satuannya telah ditentukan secara internasional (SI) sebagai dasar besaran lain (turunan).

Tujuh besaran pokok:

Besaran	Satuan
panjang	meter (m)
massa	kilogram (kg)
waktu	detik (s)
kuat arus listrik	Ampere (A)
suhu	Kelvin (K)
intensitas cahaya	candela (cd)
jumlah zat	mol

b. **Besaran turunan**, yaitu besaran yang satuannya diturunkan dari besaran pokok.

Beberapa besaran turunan, yaitu:

Besaran	Satuan
luas	m^2
kecepatan	m/s
gaya	kg m/s^2 (N)
usaha	kg m^2/s^2 (J)
tekanan	kg/ms^2 (Pa)
frekuensi	1/s (Hz)
daya	kg m^2/s^3 (W)

- **Besaran** berdasarkan arahnya terdiri dari:

a. **Besaran skalar**, besaran yang tak punya arah.

Contoh: massa (m), panjang (L), waktu (t), kelajuan (v), massa jenis (ρ).

b. **Besaran vektor**, besaran yang punya arah.

Contoh: gaya ($\vec{F}$), percepatan ($\vec{a}$), kecepatan ($\vec{v}$), momentum ($\vec{p}$).

B. DIMENSI BESARAN

- **Dimensi besaran** adalah cara suatu besaran tersusun atas besaran pokok.

Besaran	Dimensi
panjang	L
massa	M
waktu	T
kuat arus listrik	I
suhu	θ
intensitas cahaya	J
jumlah zat	N

Contoh:

Tentukan dimensi besaran gaya dan usaha!

Gaya: F = m.a

F = M.L/T^2 F = M.L.T^{-2}

Usaha: W = F.s

W = M.L.T^{-2}.L W = M.L^2.T^{-2}

- **Dimensi besaran** dapat digunakan untuk:

a. **Membuktikan kesetaraan** dua besaran

Contoh:

Buktikan bahwa besaran momentum dan impuls adalah besaran yang setara!

P = m.v I = F.t

P = M.L.T^{-1} I = M.L.T^{-2}.T = M.L.T^{-1}

kedua besaran tersebut setara.

b. **Membuktikan kebenaran** suatu persamaan atau rumus

Contoh:

Buktikan bahwa rumus λ = v.t bernilai benar!

λ = v.t

L = L.T^{-1}.T

L = L

berarti rumus tersebut benar.

C. PENGUKURAN

- **Pengukuran** adalah membandingkan suatu besaran yang diukur dengan besaran lain.
- **Beberapa perbandingan internasional** pada besaran pokok per satuannya:

1) **Panjang**

Satu meter didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh cahaya dalam vakum, dalam selang waktu 1/299.792.458 s.

2) **Massa**

Satu kilogram didefinisikan sebagai massa 1 liter air murni bersuhu 4°C.

3) **Waktu**

Satu detik didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan atom cesium-133 untuk bergetar sebanyak 9.192.631.770 kali.

4) **Kuat arus listrik**

Satu Ampere didefinisikan sebagai kuat arus yang dialirkan melalui dua buah kawat yang sejajar dan diletakkan pada jarak pisah 1 m dalam vakum, menghasilkan gaya 2 x 10^{-7} N tiap meter kawat.

5) **Suhu**

Satu Kelvin didefinisikan sebagai 1/273.16 kali suhu termodinamika titik tripel air.



6) **Intensitas cahaya**

Satu candela didefinisikan sebagai intensitas cahaya suatu sumber cahaya yang memancarkan radiasi monokromatik pada frekuensi 540 x 10^{12} Hz dengan intensitas radiasi sebesar 1/683 W/Sr.

7) **Jumlah zat**

Satu mol didefinisikan sebagai jumlah zat yang mengandung zat elementer sebanyak atom yang terdapat pada 0.012 kg karbon-12.

- **Walaupun** telah memiliki definisi, pengukuran masih memiliki kesalahan atau ketidakpastian dalam pengukurannya.
- **Kesalahan pengukuran sistematis** diakibatkan:
  - a. Keterbatasan ketelitian alat ukur.
  - b. Kesalahan pengaturan/kalibrasi alat ukur.
  - c. Kesalahan sudut pandang (paralaks) saat membaca alat ukur.
  - d. Kesalahan akibat penyederhanaan nilai/sistem.
  - e. Pengukuran tunggal sehingga tidak akurat.
- **Oleh karena itu,** kesalahan relatif atau batas suatu toleransi pengukuran harus selalu dicantumkan dalam hasil pengukuran.
- **Pengukuran tunggal** adalah pengukuran yang dilakukan terhadap suatu besaran sebanyak satu kali saja.
- **Nilai kesalahan pengukuran tunggal** antara lain:
  - a. Kesalahan mutlak

$$\Delta x = {}^{1}/_{2} \text{ x ketelitian}$$

  - b. Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta x}{x}$$

dengan persentase kesalahan relatif,

$$\%KR = \frac{\Delta x}{x}.100\%$$

- **Pengukuran berulang** adalah pengukuran yang dilakukan terhadap suatu besaran secara berulang untuk mendapatkan akurasi.
- **Nilai kesalahan pengukuran berulang** antara lain:
  - a. Kesalahan mutlak

$$\Delta x = \frac{\Sigma|x_i - \bar{x}|}{n}$$

x_i = data pengukuran i
$\bar{x}$ = rata-rata hasil pengukuran
n = jumlah percobaan

  - b. Kesalahan relatif

$$KR = \frac{\Delta x}{x}$$

dengan persentase kesalahan relatif,

$$\%KR = \frac{\Delta x}{x}.100\%$$

- **Penulisan akhir** hasil pengukuran:

$$l = x \pm \Delta x \quad \text{atau} \quad l = x \pm KR$$

D. PENGUKURAN PANJANG

- **Dalam pengukuran panjang**, dapat digunakan:
  - a. **Penggaris/mistar**

Penggaris adalah alat ukur panjang dengan ketelitian 1 mm/0,1 cm.



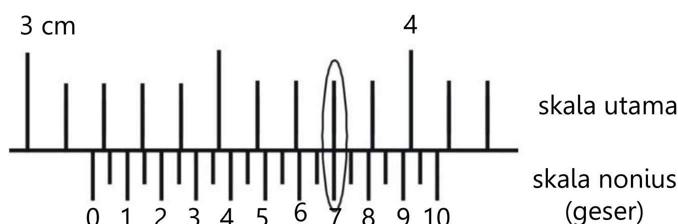
Pengukuran

$$x = x_2 - x_1 \qquad l = x \pm \Delta x$$

l = 6,7 ± 0,05 cm

  - b. **Jangka sorong**

Jangka sorong adalah alat ukur panjang dengan ketelitian 0,1 mm/0,01 cm.



Pengukuran

$$x = x_{utama} + x_{nonius} \qquad l = x \pm \Delta x$$

x utama = 3,1 cm
x nonius = 0,07 cm

x = 3,17 cm
l = 3,17 ± 0,005 cm

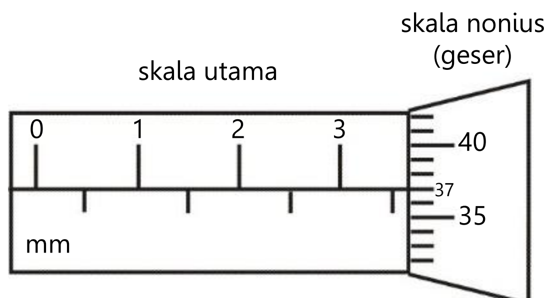
Panjang pada skala utama (x_{utama}) adalah skala yang terdapat di sebelah kiri titik 0 skala nonius.

Panjang pada skala nonius (x_{nonius}) adalah skala yang berimpit dengan skala utama.



c. **Mikrometer sekrup**

Mikrometer sekrup adalah alat ukur panjang dengan ketelitian 0,01 mm/0,001 cm.



Pengukuran

$x = x_{utama} + x_{nonius}$	$l = x \pm \Delta x$
x utama = 3,5 mm	x = 3,87 mm
x nonius = 0,37 mm	l = 3,87 ± 0,005 mm

Panjang pada skala utama (x_{utama}) adalah skala terpanjang yang masih dapat terbaca.

Panjang pada skala nonius (x_{nonius}) adalah skala yang berimpit dengan skala utama.

E. PENGUKURAN MASSA

- **Dalam pengukuran massa**, dapat digunakan:

a. **Neraca lengan/Ohaus**



Neraca lengan adalah alat ukur massa dengan ketelitian 0,01 g.

Neraca lengan terdiri dari tempat beban, skala beban, beban geser, sistem pengatur khusus dan penunjuk.

Cara pengukuran massa menggunakan neraca lengan:

1) Atur beban geser pada posisi nol dan sistem pengatur khusus, sehingga neraca lengan berada dalam keadaan seimbang.
2) Letakkan benda yang akan diukur pada tempat beban.
3) Atur beban geser yang ada sehingga neraca seimbang.
4) Jumlahkan seluruh bacaan skala masing-masing lengan skala yang merupakan massa benda yang diukur.

b. **Neraca pegas**

Neraca pegas adalah alat ukur massa dengan ketelitian 0,5 g.

Neraca pegas terdiri dari pegas dan selongsong besi yang ujungnya terdapat pengait.

Cara pengukuran massa dengan neraca pegas adalah dengan menggantung benda yang akan diukur pada pengait neraca. Bacaan skala yang ditunjuk oleh penunjuk neraca sama dengan massa benda yang diukur.

F. PENGUKURAN WAKTU

- **Dalam pengukuran waktu,** biasanya digunakan **stopwatch.**



- **Stopwatch analog** adalah alat ukur waktu yang memiliki ketelitian 1 s, adapun **stopwatch digital** dapat memiliki ketelitian yang lebih presisi.
- **Stopwatch analog** terdiri dari tombol dan jarum penunjuk.

a. **Tombol stopwatch** terdiri dari tombol mulai, berhenti dan *reset*. Tombol *reset* berfungsi untuk mengembalikan jarum penunjuk ke posisi nol.

b. **Jarum jam** terdiri dari jarum besar dan jarum kecil. Jarum besar adalah jarum yang menunjukkan menit, sedangkan jarum kecil adalah jarum yang menunjukkan detik.

- **Cara pengukuran waktu** menggunakan stopwatch:

1) Tekan tombol *reset* lalu lepaskan sehingga jarum penunjuk kembali ke posisi nol.
2) Tekan tombol mulai lalu lepaskan ketika hendak memulai pengukuran.
3) Tekan tombol berhenti lalu lepaskan ketika pengukuran tepat selesai.
4) Hasil akhir adalah penjumlahan bacaan jarum besar (menit) dengan bacaan jarum kecil (detik).

G. ANGKA PENTING

- **Angka penting** adalah angka yang dihasilkan dari hasil pengukuran (bukan penghitungan), termasuk angka yang ditaksirkan.



Contoh: Pada hasil pengukuran 8,9 cm,

Angka 8 merupakan angka pasti, dan 9 merupakan angka taksiran.

- **Aturan** dalam penggunaan angka penting:

a. **Semua angka selain nol** adalah angka penting.

Contoh: 3,21 (3 a.p.)
2,2 (2 a.p.)
1,559 (4 a.p.)

b. Angka nol yang terletak **di antara dua angka** adalah angka penting.

Contoh: 3,01 (3 a.p.)
2,5009 (5 a.p.)
20,09 (4 a.p.)

c. Angka nol yang terletak **di belakang koma desimal** adalah angka penting.

Contoh: 3,00 (3 a.p.)
9,0 (2 a.p.)
44,500 (5 a.p.)

d. Seluruh angka nol yang terletak di **sebelah kiri koma desimal** dan menyatakan bilangan <1 bukan angka penting.

Contoh: 0,1 (1 a.p.)
0,0088 (2 a.p.)
0,00609 (3 a.p.)

e. Semua angka nol yang terletak **di kanan angka bukan nol** namun **tidak diikuti koma desimal** bukan angka penting, kecuali diberi tanda.

Contoh: 1205000 (4 a.p.)
22400 (3 a.p.)
1205000 (6 a.p.)
22400 (4 a.p)

- **Aturan pembulatan bilangan** dalam fisika adalah sebagai berikut:

a. Angka yang **nilainya >5** dibulatkan ke atas.

Contoh: 6,38 dibulatkan menjadi 6,4

b. Angka yang **nilainya <5** dibulatkan ke bawah.

Contoh: 8,34 dibulatkan menjadi 8,3

c. Angka yang **nilainya =5** dibulatkan ke atas jika angka sebelumnya ganjil, dan dibulatkan ke bawah jika angka sebelumnya genap.

Contoh: 4,25 dibulatkan menjadi 4,2
5,55 dibulatkan menjadi 5,6

- **Operasi hitung** angka penting harus mengikuti aturan berikut:

1) **Penjumlahan dan pengurangan**

Hasil dari operasi menghasilkan hanya satu angka taksiran saja dan angka penting paling sedikit.

Contoh:	23,12	21,9
	1,2 +	1,15 −
	24,32	20,75
	24,3 (3 a.p.)	**20,8** (3 a.p.)

2) **Perkalian dan pembagian**

Hasil dari operasi menghasilkan banyak angka penting yang paling sedikit dari bilangan yang dioperasikan.

Contoh:

12,2 (3 a.p.)	x	3,5 (2 a.p.)	=	42,70 **43** (2 a.p.)
3214 (4 a.p.)	x	121 (3 a.p.)	=	388894 **388000** (3 a.p.)
1,44 (3 a.p.)	:	7,2 (2 a.p.)	=	0,2 **0,20** (2 a.p.)
2564 (4 a.p.)	:	12 (2 a.p.)	=	213,666... **210** (2 a.p.)

3) **Pemangkatan dan penarikan akar**

Hasil dari operasi menghasilkan banyak angka penting yang sama dengan bilangan yang dioperasikan.

Contoh: $(2,5)^2 = 6,25 \approx$ **6,3** (2 a.p.)
$\sqrt{225} = 15 \approx$ **15,0** (3 a.p.)

4) **Perkalian dan pembagian dengan bilangan eksak**

Hasil dari operasi menghasilkan banyak angka penting yang sama dengan bilangan hasil pengukuran.

Contoh: Suatu benda panjangnya 1,25 m jika diperpanjang menjadi 4 kalinya, maka,

1,25 x 4 = **5,00** (3 a.p.)

- **Notasi ilmiah** adalah notasi yang menyederhanakan bilangan yang sangat kecil atau sangat besar menjadi satu tempat satuan.

$a \times 10^n$

a = bilangan pokok/mantisa (1 < a < 10)
10^n = orde besar
n = orde bilangan

Contoh:

0,0000000257 menjadi $2,57 \times 10^{-8}$
965300 menjadi $9,653 \times 10^5$

